



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

RAKENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

TEKIJÄ: Heikki Salmi

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Heikki Salmi			
Työn nimi Rakennusten käyttöönottotarkastukset			
Päiväys	28.4.2014	Sivumäärä/Liitteet	42/4
Ohjaaja(t) lehtori Heikki Laininen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lemminkäinen Talotekniikka Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Sähköasennuksille tehdään käyttöönottotarkastus aina, ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen korjaus, muutos tai laajennus otetaan varsinaiseen käyttöön. Ensisijaisesti käyttöönottotarkastuksen tekee laitteiston rakentaja. Käyttöönottotarkastuksella varmistetaan sähkölaitteiston turvallisuus käyttäjälle ja varmistetaan laitteiston oikeanlaisesta ja häiriöttömästä toiminnasta. Käyttöönottotarkastus pitää sisällään aistinvaraisia tarkastuksia, toiminnallisia testauksia ja mittauksia.</p> <p>Työn tarkoituksena oli tehdä ohjeistus sähköasentajille käyttöönottomittausten ja tarkastusten suorittamisesta sekä suorittaa käyttöönottotarkastukset uudisrakennuskohteessa yhdessä sähkölaitteiston rakentaneen asentajan kanssa. Opinnäytetyössä perehdyttiin myös muihin sähkölaitteistoille tehtäviin tarkastuksiin, kuten varmennus-, määräaika- ja kunnossapitotarkastuksiin. Käyttöönottotarkastukset esitetään standardin SFS 6000-6 mukaisessa järjestyksessä.</p> <p>Tiedonlähteinä työssä toimivat käyttöönottomittauksia koskevat lait ja asetukset, SFS-käsikirja 600-1, ST-käsikirja 33 ja D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Mittaukset kohteessa suoritettiin Ambrobe Telaris Proinstall 100 -asennustesterillä. Mittalaite täyttää mittalaitteille asetetut vaatimukset, ja sillä pystyttiin tekemään kaikki tarvittavat mittaukset. Mittaustulosten dokumentointiin käytettiin olemassa olevia mittauspöytäkirjoja.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi ohje sähköasentajille käytännön mittausten suorittamiseen. Ohjeessa käsitellään käytettäviä menetelmiä, mittauskytkentöjä ja asennustesterin käyttöä mittaushetkellä.</p>			
Avainsanat käyttöönottotarkastus, sähköasennukset, mittaukset			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Heikki Salmi			
Title of Thesis Commissioning Inspections of Buildings			
Date	April 28, 2014	Pages/Appendices	42/4
Supervisor(s) Mr Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lemminkäinen Talotekniikka Oy			
<p>Abstract</p> <p>A commissioning inspection must always be made before either a new electrical installation or a correction, a change or an expansion of an existing electrical installation is put into service. It is made primarily by the contractor. The purpose of the inspection is to ensure the safety of an installation for the end user and to make sure that the installation works correctly and undisturbed. A commissioning inspection includes a visual examination, functional tests and measurements.</p> <p>The purpose of this thesis was firstly, to make an instruction manual for electricians on how to execute commissioning measurements and inspections and secondly, to execute a commissioning inspection in a new construction together with the electrician who had built the electrical equipment. The thesis also examined other electrical hardware checks such as certification inspection, periodic inspection checks and maintenance checks. The commissioning inspections are presented in the same order as they are in standard SFS 6000-6.</p> <p>The information sources for the study were the laws and acts of commissioning measurements: SFS Manual 600-1, ST Manual 33 and the manual of electrical installations in buildings D1-2012. The measurements were performed with the Ambrope Telaris Proinstall 100 installation tester. The instrument fulfills the requirements for measuring devices and it was possible to make all the necessary measurements with it. The results were documented in the field log.</p> <p>The final result was a manual for electricians on how to execute measurements. The document covers methods, measurement connections and instruments in different cases.</p>			
Keywords commissioning inspection, electrical installations, measurements			
Public			

ESIPUHE

Aiheen opinnäytetyöhön sain Lemminkäinen Talotekniikka Oy:ltä syksyllä 2013. Työ alkoi uudisrakennuskohteen käyttöönottotarkastuksella helmikuussa 2014. Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajia, aluepäällikkö Petri Muittaria ja lehtori Heikki Lainista. Lisäksi kiitän perhettäni ja läheisiäni saamastani tuesta.

Kuopiossa 28.4.2014

Heikki Salmi

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	7
1 JOHDANTO	8
2 SÄHKÖN AIHEUTTAMAT TAPATURMAT	9
3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT	10
4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET.....	14
4.1 Aistinvaraiset tarkastukset	14
4.2 Testaukset: mittaukset ja toiminnalliset kokeet	17
4.2.1 Suoja-, PEN- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testaus	17
4.2.2 Eristysresistanssin mittaus	19
4.2.3 SELV- ja PELV-piirien ja sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssin mittaus	21
4.2.4 Lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssin mittaus.....	23
4.2.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus	24
4.2.6 Vikavirtasuojan toiminnan testaus	27
4.2.7 Napaisuus.....	27
4.2.8 Kiertosuunnan tarkastus	27
4.2.9 Toiminnalliset kokeet.....	27
4.2.10 Jännitteenalenema	28
4.2.11 Muut mittaukset.....	29
5 DOKUMENTOINTI.....	31
6 MITTALAITTEET	33
7 MUUT TARKASTUKSET	34
7.1 Sähkölaiteistoluokat	34
7.2 Varmennustarkastukset	35
7.3 Määräaikaistarkastukset	36
7.4 Kunnossapitotarkastukset.....	37
8 MITTAUKSET KOHTEESSA.....	38
8.1 Kohde-esittely.....	38
8.2 Mittaukset	38
8.3 Mittalaitteet	39
8.4 Mittaustulokset	40
9 YHTEENVETO.....	41

LÄHTEET	42
LIITE 1: MITTAUSTULOKSET PK	43
LIITE 2: MITTAUSTULOKSET JK-11.....	44
LIITE 3: MITTAUSTULOKSET JK-12.....	45
LIITE 4 : MITTAUSTULOKSET JI-21	46

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

Tarkastus	Menettely, jolla arvioidaan tarkastuskohteen vaatimustenmukaisuutta havainnoimalla ja tarpeen mukaan mittaamalla ja testaamalla.
Aistinvarainen tarkastus	Tarkastus, jonka avulla aistienväraisesti todetaan, että asennus on tehty oikein.
Testaus	Sähköasennuksessa tehtävä toimenpiteet, joiden avulla todetaan sähköasennusten turvallisuus. Testaus sisältää arvojen toteamisen sopivilla mittalaitteilla.
Raportointi	Tarkastusten ja testausten tuloksien kirjaaminen.
PELV-järjestelmä	Pienoisjännitejärjestelmä, jonka jännitteelle alttiit osat voi olla maadoitettu.
SELV-järjestelmä	Maasta erotettu pienoisjännitejärjestelmä.
Sähköinen erotus	Suojausmenetelmä, jossa vaarallisesti jännitteinen piiri on eristetty muista piireistä ja osista, maasta ja koskettamiselta.
Suojajohdin (PE-johdin)	Johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.
PEN-johdin	Johdin, joka toimii samalla sekä suojamaadoitus- että nolla-johtimena.
Potentiaaalintausjohdin	Johdin, jolla eri pisteet yhdistetään samaan potentiaaliin.
TN-C-järjestelmä	Jakelujärjestelmä, jossa nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen koko järjestelmässä.
TN-C-S-järjestelmä	Jakelujärjestelmä, jossa nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen osassa järjestelmää.
TN-S-järjestelmä	Jakelujärjestelmä, jossa erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä.

1 JOHDANTO

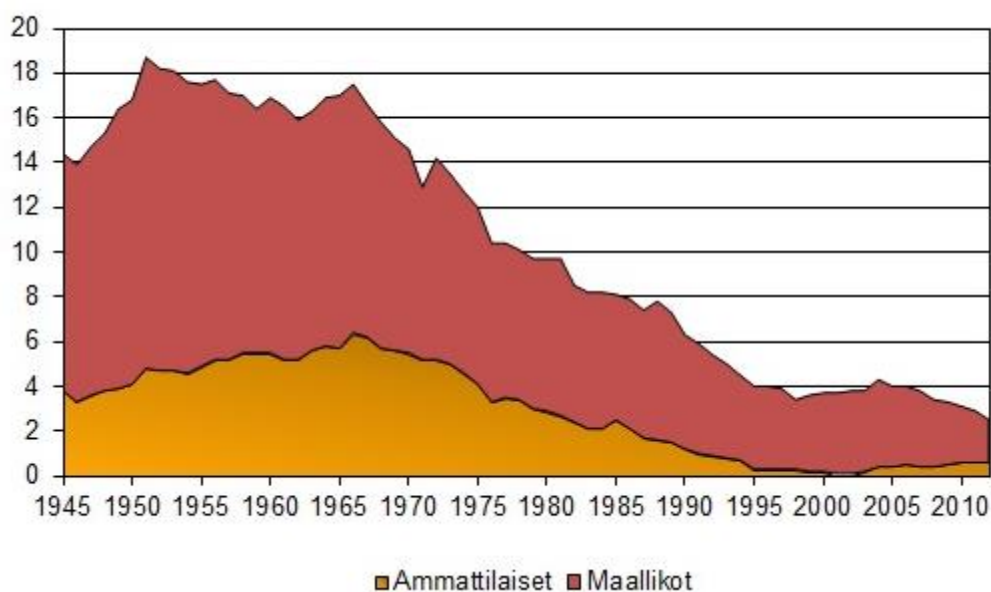
Käyttöönottotarkastus tehdään aina, ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen korjaus, muutos tai laajennus otetaan varsinaiseen käyttöön. Käyttöönottotarkastuksella varmistetaan sähkölaitteiston turvallisuus käyttäjälle ja varmistetaan laitteiston oikeanlaisesta toiminnasta. Käyttöönottotarkastukset tulee tehdä standardin SFS 6000-6-61 mukaisesti, jolloin täytetään kauppa- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaman päätöksen (1193/1999) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Käyttöönottotarkastuksia on käsitelty lisäksi Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (517/1996). Käyttöönottotarkastus sisältää aistinvaraisia tarkastuksia, mittauksia sekä toiminta- ja käyttötestejä.

Työssä perehdytään rakennusten sähköasennuksille tehtäviin tarkastuksiin ja mittauksiin. Lisäksi perehdytään varmennus- ja määräaikaistarkastuksiin. Työssä ei käsitellä suurjännitelaitteistojen käyttöönottotarkastuksia.

Tavoitteena on tehdä uudisrakennuskohteen sähköasennusten käyttöönottotarkastus yhteistyössä sähköasennukset suorittaneen asentajan kanssa. Lisäksi työ sisältää mittausohjeistuksen tekemisen sähköasentajien käyttöön. Mittausohjeistus sisältää vain olennaisimmat tiedot käytännön mittauksen suorittamiseen ja näin ollen palvelee sähköasentajia mahdollisimman hyvin. Kuvallisen mittausohjeistuksen avulla tarkastuksen suorittaja voi palauttaa mieleensä oikeanlaiset toimenpiteet ja menetelmät, joilla tarkastukset tulee suorittaa. Mittaustulokset dokumentoidaan jo käytössä oleviin ja hyväksi havaittuihin mittauspöytäkirjapohjiin ja analysoidaan mittaustulokset.

2 SÄHKÖN AIHEUTTAMAT TAPATURMAT

Suomessa sähköturvallisuus on korkealla tasolla, kun mittarina käytetään tapahtuneita sähkötapaturmia. Vakavat tapaturmat ovat harvinaisia. Keskimäärin noin kolme ihmistä vuosittain kuolee sähkötapaturmaan. Sähköpalot sen sijaan eivät ole Suomessa niinkään harvinaisia, vaan sähkölaitteista alkunsa saaneita paloja on vuosittain noin 2000. Jatkuvan turvallisuustyön tuloksena kuolemaan johtaneiden sähkötapaturmien määrä on laskenut tasaisesti 1950-luvulta lähtien. Samanaikaisesti sähkönkulutus ja sähkölaitteiden määrä on kasvanut räjähdysmäisesti. (Tukes 2002.)



KUVIO 1. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat 1945 - 2012 (Tukes 2013.)

Sähköturvallisuuden valvonta pohjautuu sähköturvallisuuslakiin ja sen perusteella annettuihin säädöksiin. Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM) antaa sähköalaa sitovia määräyksiä. Turvatekniikan keskus (Tukes) valvoo turvallisuutta, sen toteuttamista ja antaa selventäviä hallinnollisia ohjeita. Tukes valvoo myös sähkölaitteistojen haltijoiden ja sähköurakoitsijoiden toimintaa. (Tukes 2002.)

Sähköurakoitsijat huolehtivat, että uudisrakennukset ja korjaustyöt toteutetaan turvallisesti. Urakointiliikkeillä on vastuu tarkastaa oma työnsä.

3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT

Säädökset määrävät sähköasennuksille tehtävät tarkastukset, niiden ajankohdan ja työn suorittajan. Standardit määrittelevät menetelmät ja laitteet, joilla asetettuihin vaatimuksiin ja määräyksiin päästään.

Sähköturvallisuuslaissa (1996/410), Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähköalan töistä (1996/516) ja Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (1996/517) esitetään seuraavat vaatimukset sähkölaitteistojen turvallisuudelle, töitä tekeville henkilöille ja käyttöönotolle:

(1996/410 5 §)

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;*
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä*
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.*

Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentin edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön. (Sähköturvallisuuslaki 1996/410, §5.)

(1996/410 8 §)

Sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistojen rakennus-, korjaus-, huolto- ja käyttötöitä saa tehdä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan nimetään luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (töiden johtaja);*
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito; sekä*
- 3) käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset.*

Töiden johtajaa ei vaadita ministeriön tarkemmin määäämissä kertaluonteisissa töissä tai töissä, joista voi aiheutua vain vähäinen 5 §:ssä tarkoitettu vaara tai häiriö. Mi

nisteriö voi lisäksi määrätä, milloin töiden johtajaa ei vaadita käyttö- ja huoltotöissä. (Sähköturvallisuuslaki 1996/410, §8.)

Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö

(1996/410 16 §)

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sel laisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyt töönottotarkastuksessa.

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoi tukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa. (Sähköturval lisuuslaki 1996/410, §16.)

(1996/410 17 §)

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönototarkastuksessa on sel vitetty, että siitä ei aiheudu 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.

Ministeriö voi sähköturvallisuuden varmistamiseksi määrätä, että sähkölaitteistolle on lisäksi suoritettava varmennustarkastus ennen laitteiston ottamista varsinaiseen käyt tötarkoitukseensa tai ministeriön määäämissä tapauksissa tämän ajankohdan jäl keen.

Varmennustarkastus voidaan ministeriön määäämissä tapauksissa korvata sähkölait teiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sähköurakoitsijan varmennuksel la. Oikeudesta suorittaa tällaisia varmennuksia säädetään 22 §:ssä.

Mitä 1 momentissa säädetään sähkölaitteiston käyttöönotosta, sovelletaan myös lait teistoon, johon on tehty oleellisia muutoksia. (Sähköturvallisuuslaki 1996/410, §17.)

(1996/516 1 §)

Sähkötöyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä.

Sähkötöyöksi ei katsota sähkölaitteen ja -laitteiston purkutyötä, jos laite tai laitteisto on tehty luotettavasti ja asianmukaisesti jännitteettömäksi.

Käyttötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä, niihin verrattavia korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä. (KTMp 516/1996, §1.)

(1996/516 5 §)

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että

1) sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia (410/96) sekä sen nojalla annettu ja säännöksiä ja määräyksiä,

2) sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuslaissa sekä sen nojalla annetuissa säännöksissä ja määräyksissä edellytyksissä kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista sekä

3) sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä. (KTMp 516/1996, §5.)

(1996/517 3 §)

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/96) 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. (KTMp 517/1996, §3.)

(1996/517 4 §)

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2 momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testauksen tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä

1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä,

2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista,

3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä,

4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä,

5) nimellisjännitteeltään enintään 1 000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta, eikä

6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista.

Edellä 2 momentissa mainituista tapauksista on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle. (KTMP 517/1996, §4.)

Käyttöönottotarkastukset tulee tehdä standardin SFS 6000-6-61 mukaisesti. Näin meneteltäessä täytetään Kauppa- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaman päätöksen (1193/1999) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksia suoritettaessa tulee noudattaa sähkötyöturvallisuuteen liittyviä määräyksiä, jotka esitetään standardissa SFS 6002.

4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Käyttöönottotarkastus tehdään aina, ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen korjaus, muutos tai laajennus otetaan varsinaiseen käyttöön. Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite ja laitteiston suunniteltu käyttö alkaa. Käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa. (Korpipää, Lintula ja Tiainen 2001, 9.)

Käyttöönottotarkastuksessa selvitetään riittävässä laajuudessa, ettei sähkölaitteistossa aiheudu sähköturvallisuuslain 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Tarkastus koostuu aistinvaraisista tarkastuksista, mittauksista ja toiminnallisista testeistä. Sähköturvallisuuslaki (410/1996) muutti aiemmin viranoimaisvetoisen tarkastuskäytännön. Käyttöönottotarkastuksen sähkölaitteistolle tekee laitteiston rakentaja. Tarkastuksen tekijän tulee olla kyseiseen tehtävään riittävän ammattitaitoinen sähköalan ammattihenkilö, jolloin tarkastus tehdään sähkötyöturvallisuus huomioiden ja tarkastusta voidaan pitää luotettavana. (Tiainen 2012, 331.)

Mikäli osa keskeneräisestä asennuksesta otetaan käyttöön, esimerkiksi rakentamisen aikana, on käyttöönotettavalla osalla suoritettava käyttöönottotarkastus ennen käyttöönottoa. Tällöin on huomioitava käyttöönotetun sähkölaitteiston vaikutus muuhun asennukseen. Sähkölaitteistojen korjaus-, muutos- ja laajennustöitä koskee samalla tavalla käyttöönottotarkastusvelvoite kuin uudisasennuksiakin. Tällöin todetaan, ettei muutokset heikennä olemassa olevien asennusten turvallisuutta ja asetetut vaatimukset täytetään. (Tiainen 2012, 331.)

Käyttöönottotarkastus on tehtävä aina riippumatta sähkölaitteiston laajuudesta sähköturvallisuuslain 17 §:n velvoittamana. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei aina tarvitse tehdä, mutta testaukset on kuitenkin tehtävä ja tulokset tarvittaessa luovutettava. (Korpipää ym. 2001, 10.)

4.1 Aistinvaraiset tarkastukset

Ensimmäinen vaihe käyttöönottotarkastuksessa on aistinvarainen tarkastus, aikaisemmin siitä on myös käytetty nimitystä silmämääräinen tarkastus. Aistinvarainen tarkastus aloitetaan jo sähkölaitteiston rakennusvaiheessa, ja käytännössä se kestää koko laitteiston rakentamisen ajan, riippumatta kohteesta tai tehtävästä työstä. Tarkastus on yleensä tehtävä ennen testauksia koko asennuksen ollessa jännitteettömänä. Tarkastuksen aikana havaitut puutteet korjataan työn edetessä ja viimeistään ennen laitteiston käyttöönottoa. (Tiainen 2012, 332.)

Aistinvarainen tarkastus on kokonaisuudessaan laajin käyttöönottotarkastukseen kuuluva osa-alue. Se kohdistuu pääosin merkintöihin, dokumentaatioon, mekaaniseen ja vettä vastaan tehtyyn suojaukseen sekä kosketus- ja palosuojaukseen sekä moniin tapauksittain esiin tuleviin vaatimuksiin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 11.)

Standardin SFS 6000-6-61 mukaisesti aistinvaraiseen tarkastukseen täytyy sisältyä seuraavat yksityiskohdat:

a) Sähköiskulta suojaukseen käytetty menetelmä

Varmistetaan perussuojauksen toimivuus aistinvaraisesti tutkimalla sellaisten suojuksien ja koteloiden olemassaolo, kiinnitys ja eheys, joiden tarkoituksena on estää tahaton jännitteisen osan koskettaminen. Varmistetaan lisäsuojauksen olemassa olo kohteissa, joissa se tulee olla. Tarkistetaan tilojen kotelointiluokkavaatimusten täyttyminen.

b) Palosuojausten käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet

Kiinnitetään huomio sähkölaitteiden läheisyydessä olevien materiaalien palamiseen, syttymiseen tai huononemiseen. Huomioidaan mahdollisten palovammojen riskin eliminointi sekä asennettujen laitteiden turvallisen toiminnan mahdollinen heikentyminen. Tarkastetaan johtojärjestelmien oikea valinta palon leviämisen estämiseksi samoin kuin läpiviennit eri palo-osastojen välillä.

c) Johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta

Todetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksen olemassaolo sekä oikeellisuus. Varmistetaan suojalaitteiden asetteluista, selektiivisyydestä ja yhteensopivuudesta. Huomioidaan johdinpiirien muutokset alkuperäisiin suunnitelmiin nähden jännitteenaleneman ja laskennallisten oikosulkuvirta-arvojen kannalta.

d) Suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu

Varmistetaan suoja-, erotus-, kytkentä- ja ohjauslaitteiden oikeasta valinnasta ja asennuksesta. Tarkastellaan ylijännitesuojauksen toteutusta ja toimivuutta.

e) Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus

Varmistetaan sähkölaitteiden tarvitsemien käyttö- ja ohjauslaitteiden sijainti, huollon aikana mahdollisesti tarvittavat poiskytkentälaitteet ja mahdolliset hätäkytkentälaitteet. Tarkistetaan laitteiden kilvet ja käyttömerkinnät.

f) Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan

Varmistetaan sähkölaitteiden ja asennuksen oikeellisuus tilossa, joissa on käsiteltävistä tai varastoitavista materiaaleista johtuva palovaara. Varmistetaan myös uloskäytäviin tehtyjen sähköasennusten määräystenmukaisuus. Lisäksi varmistetaan, että ympäristön lämpötila,

ulkoiset lämmönlähteet, veden esiintyminen, vieraat kiinteät aineet, korroosiota tai likaantumista aiheuttavat aineet, iskut ja värähtelyt, muut mekaaniset rasitukset, kasvillisuus ja homekasvustot, eläimistön esiintyminen, auringonsäteily, seismiset vaikutukset, tuuli, käsiteltävien ja varastoitavien materiaalien luonne sekä rakenteiden suunnittelu on otettu huomioon sähkötarvikkeissa ja -asennuksissa.

g) Nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnukset

Varmistetaan oikeanlaisista merkinnöistä ja tunnuksista (N, PE, PEN yms.).

h) Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin

Varmistetaan jo asennusvaiheessa, että yksinapaiset kytkimet on asennettu äärijohtimiin.

i) Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo

Tarkastetaan, että käytön, hoidon ja huollon tarvitsemat dokumentit, varoituskilvet yms. ovat helposti saatavilla ja käytettävissä.

j) Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus

Varmistetaan käyttäjän kannalta tarpeelliset merkinnät, jotta sähkölaitteiston turvallinen ja virheetön käyttö on mahdollista.

k) Johtimien liitosten sopivuus

Tarkastetaan, että liitokset on tehty oikein tarvikkein ja menetelmin sekä toteutettu mahdollisesti koskevien erityisohjeiden mukaisesti.

l) Suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus

Varmistetaan maadoituselektrodin olemassaolo ja määräystenmukaisuus sekä suojajohtimien poikkipinta-alat ja olemassaolo. Mainitaan kohteessa käytetty maadoituselektrodirakenne.

m) Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila

Varmistetaan sähkölaitteiden, johdotusten ja liitosten luoksepäästävyys myöhempää tarkastusta tai toimenpidettä varten.

Lisäksi tarkastukseen tulee sisältyä kaikki erikoistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 11-13.)

4.2 Testaukset: mittaukset ja toiminnalliset kokeet

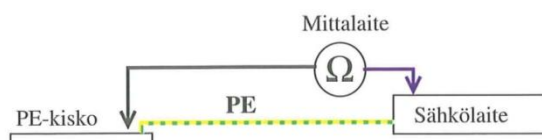
Aistinvaraisia tarkastuksia täydennetään mittauksilla. Mittausten avulla varmistetaan, että suojausjärjestelmät ovat toimivia. Testaukset on esitetty siinä järjestyksessä kuin ne tulisi tehdä. Ennen testauksen suorittamista, on testattavan asennuksen oltava täysin valmis ja mahdolliset myöhemmät asennusvaiheet eivät vaikuta enää testaustuloksiin. (Tiainen 2012, 337.)

Osa mittauksista voidaan korvata laskennallisesti osoitettujen arvojen perusteella, toki näissäkin on järkevää suorittaa joitain pistokoeluontoisia tarkistusmittauksia, jolloin varmistutaan käytettyjen lähtöarvojen oikeellisuudesta. Tarkastuslaitteet ja menetelmät on valittava EN-61557-standardisarjan asianomaisen osan mukaisesti. Käytettäessä muita mittalaitteita, eivät niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso saa olla huonompia. Mittaukset ja asennusten määräystenmukaisuuden toteaminen tehdään keskuskohtaisesti. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 17.)

Ennen jännitteen kytkentää on varmistuttava, että sähkölaitteisto on riittävän turvallisessa kunnossa. Näin ollen osa käyttöönottotarkastusten mittauksista on tehtävä aistinvaraisten tarkastusten lisäksi ennen jännitteen kytkentää. Jännitteettömyyden sähkölaitteistoon kohdistuvia mittauksia ovat suojaajojen jatkuvuusmittaukset, eristysresistanssimittaukset, SELV-, PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien eristysresistanssimittaukset ja lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssimittaukset. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 18.)

4.2.1 Suoja-, PEN- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testaus

Testauksella todetaan vikasuojauksen edellyttämien suojajohdinpiirien eheys ja liitoksien kunnollisuus. Suojajohtimiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalintasausjohtimet. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan laitekohtaisesti ja jokainen suojajohdinyhteys mitataan. Esimerkkinä mainittakoon ketjutettu pistorasiaryhmä, jossa tulee siis suojajohtimen jatkuvuus todeta jokaisesta pistorasiasta. Yleensä suojajohtimia ei tarvitse irroittaa mittauksen ajaksi. TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimien yhdistys on irroitettava jatkuvuusmittausten ajaksi, samoin kuin eristysresistanssin mittauksen ajaksi. Tehtäessä mittauksia ryhmäjohtotasolla, riittää keskusta syöttävän nousujohdon nollajohtimen irtikytkentä. Mikäli näin ei tehdä, ei nolla- ja suojamaadoitusjohtimen mahdollista keskenäistä vaihtumista voida mittauksinkaan todeta. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 18)



KUVA 1. Suojajohtimen mittausperiaate (Tiainen 2012, 338)

Jatkuvuusmittauksessa yleisimmin mitataan kuparijohtimen resistanssia ja tällöin mittaustulokset ovat arvoltaan varsin pieniä. Mittaustulokset vaihtelevat arvoissa 0-2 Ω . Poikkeuksellisen pitkillä johdinpituuksilla voidaan arvo ylittää. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 18)



KUVA 2. Suojajohtimen jatkuvuuden testaus pistorasian suojakoskettimesta (Salmi 2014.)

Mittaus aloitetaan pääpotentialintauskiskosta ja siirrytään säteittäin keskuskohtaiseen mittaukseen. Mitattaessa tulee varmistua, että mitattava johdin todella on suojajohdin. Mittaustulokselle ei ole tarkkaa raja-arvoa, vaan saatua arvoa tulee verrata mitattavan johtimen poikkipinta-alan ja pituuteen. Arvojen poiketessa oleellisesti tulee selvittää, mistä poikkeama johtuu. Mittalaitestandardin mukaisesti mittaus suoritetaan ≥ 200 mA mittausvirralla. Mittalaitteen kuormittamaton jännite tulee olla 4-24 V joko vaihto- tai tasajännitettä. (Tiainen 2012, 338.)

Erityistiloissa, kuten lääkintä- ja räjähdysvaarallisissa tiloissa on omat vaatimuksensa mittausten suorittamiseen.

Käytettävästä mittarista riippuen, voidaan mittajohtimien resistanssi joko kompensoida mittarissa tai vähentää mittaustuloksesta. Mittauksessa tulee kiinnittää huomiota liitoksiin, pienikin ylimenovastus voi vaikuttaa oleellisesti saatuun mittaustulokseen. Mittapäitä tulee olla riittävän laaja valikoima, jotta voidaan valita aina kohteen mukaan parhaiten soveltuva. Mittarin kompensoiti tulee suorittaa kulloinkin mitattavilla mittapäillä. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 20.)

Yksittäisiä mittaustuloksia ei tarvitse esittää käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa, vaan keskusalueitain todetaan suojajohtimien jatkuvuusvaatimusten täyttyminen (Tiainen 2012, 339). Keskuskohtaisista mittaustuloksista on suositeltavaa kirjata ainakin suurin arvo. Kirjaustieto mittaustaipaikan suhteen tulee tehdä sillä tarkkuudella, että mittauspöytäkirjassa olevien tietojen perusteella voidaan mittausta toistaa myöhemmin vertailutiedon saamiseksi. Suurilla johtopituuksilla on järkevää käyttää mitta-apujohtimena esim. johdon vaihejohdinta. Tällöin tulee huomioida, että mahdollisesti keskenään poikkeavat johdinmateriaalit ja poikkipinta-alat eivät vaikuta varsinaiseen mittaustulokseen. Yksittäisen suojajohtimen mittaaminen tarvitsee usein koko johdinpituuden mittaisen apujohtimen, joka varsinkin lyhyillä johdinpituuksilla on helpoin tapa suorittaa mittausta. Mitattaessa pitkiä johtoja, kannattaa käyttää apuna jo mitattua referenssipistettä. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 21.)

Suojajohtimen kytkennän ollessa laitteen kotelossa on parasta mitata sen jatkuvuus jo johdinta laitteeseen kytkettäessä, koska tällöin vältetään turhilta laitekoteloinnin avuksilta pelkkää mittausta varten. Mittaus voidaan suorittaa myös suoraan johtavasta laiterungosta, jolloin varmistutaan parhaiten johtavan laiterungon maadoituksesta. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 21.)

4.2.2 Eristysresistanssin mittausta

Eristysresistanssin mittausta on toinen jännitteettömässä laitteistossa tehtävistä mittauksista. Eristysresistanssimittauksen tarkoitus on varmistaa riittävä eristys jännitteisten osien ja maan väliltä. Palovaarallisissa tiloissa suositellaan mittauksen suorittamista myös kaikkien jännitteisten osien väliltä. Mittaus suoritetaan eristysvastusmittarilla, joko erillisellä mittalaitteella tai ominaisuuden sisältävällä asennustesterillä.

Mittaus voidaan suorittaa valmiissa laitteistossa yhdessä kohtaa, jolloin se kattaa koko asennuskokonaisuuden. Tällöin mittausta suoritetaan yleisesti pääkeskuksessa. Yleensä asennusten eristysresistanssi mitataan asennuskokonaisuuksittain, kuten keskuskohtaisesti. Yksittäistä ryhmäjohtotasoa pienemmäksi ei mittausaluetta saa kuitenkaan pienentää. Näin joudutaan menettelemään silloin kuin ainoastaan osa asennuksesta otetaan käyttöön. (Tiainen 2012, 339)

TAULUKKO 1. Pienimmät sallitut eristysresistanssin arvot (SFS 6000-6-61, 355.)

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	$\geq 1,0$
Yli 500 V	1 000	$\geq 1,0$

Mitattaessa tulee mitattavan alueen mekaanisten kytkimien, pääkytkimien, johdonsuojakatkaisijoiden olla 1-asennossa sekä ryhmäjohtojen sulakkeiden paikoillaan. Näin mittauksella varmistetaan laitteiston eristystason riittävyys koko asennuksen osalta. Virtapiirin ollessa varustettu kontaktorilla tai muulla vastaavalla mittauspiirin katkaisevalla laitteella, tulee mittaus suorittaa erottavan laitteen molemmin puolin tai laitteet ohittaa. (Tiainen 2012, 340.)

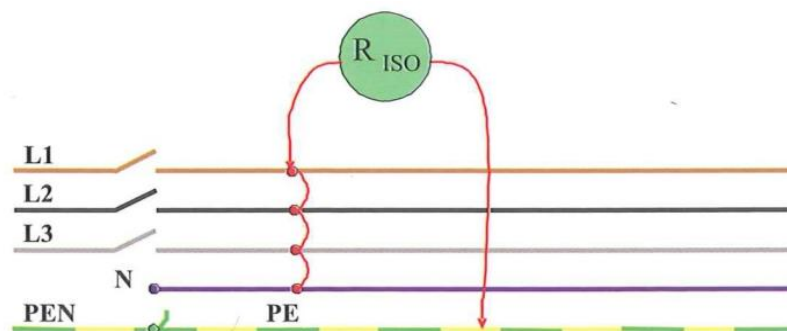
Pienissä asennuskokonaisuuksissa riittää yleensä eristysresistanssin mittaus kerralla koko asennuksesta, jos mitattu arvo ei ole sallittua arvoa pienempi. Mikäli yhdellä mittauksella vaadittu mittausarvo ei täyty, voidaan asennus jakaa pienempiin kokonaisuuksiin ja hakea viallinen osa verkosta. (Tiainen 2012, 340.)

Mittauksen suorittaminen:

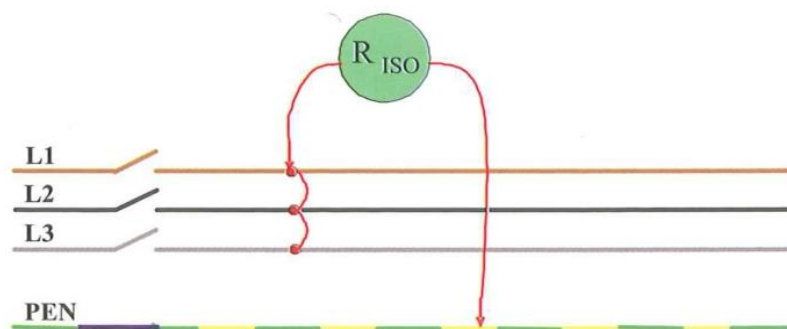
1. Tee laitteisto jännitteettömäksi
2. Varmista, ettei nollapiirin ole kytketty jännitteisiä laitteistoja (tariffilaitteet)
3. Varmista jännitteettömyys
4. Varmista mitattavan alueen kytkimien ja johdonsuojien kiinniolo ja varokkeiden paikallaanolo
5. Irroita tarvittaessa N-PE-yhdistys tai nollajohto
6. Tee mittauskytkennät
7. Suorita mittaus, mikäli mittaustulos ei ole hyväksyttävä, selvitä vian aiheuttaja.
8. Palauta laitteisto toimintakuntoon päinvastaisessa järjestyksessä.

(Tiainen 2012, 340.)

Mitattavan piirin sisältäessä elektronisia laitteita, ylijännitesuojia yms. laitteita, jotka voivat todennäköisesti vaikuttaa mittaustulokseen tai rikkoutua mittauksesta johtuen, on sellaiset laitteet erotettava ennen mittauksen suorittamista. Mikäli laitteita ei voida kohtuudella erottaa, voidaan mittausjännite pudottaa 250 V:n tasajännitteeseen, tällöinkin tulee eristysresistanssi olla $\geq 1 \text{ M}\Omega$. Tämä menettely täytyy mainita tarkastuspöytäkirjassa. Ennen varsinaisen mittauksen suorittamista on suositeltavaa tehdä yksi testimittaus mittajohtimet oikosuljettuina, jotta varmistutaan mittarin, mittajohtojen ja mittapäiden kunnosta. Esimerkkinä poikkiolevalla mittajohdolla saadaan näennäisesti erinomaisia mittaustuloksia. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 23.)



KUVIO 2. Eristysvastusmittaus TN-S-järjestelmä (Tiainen 2012, 340.)

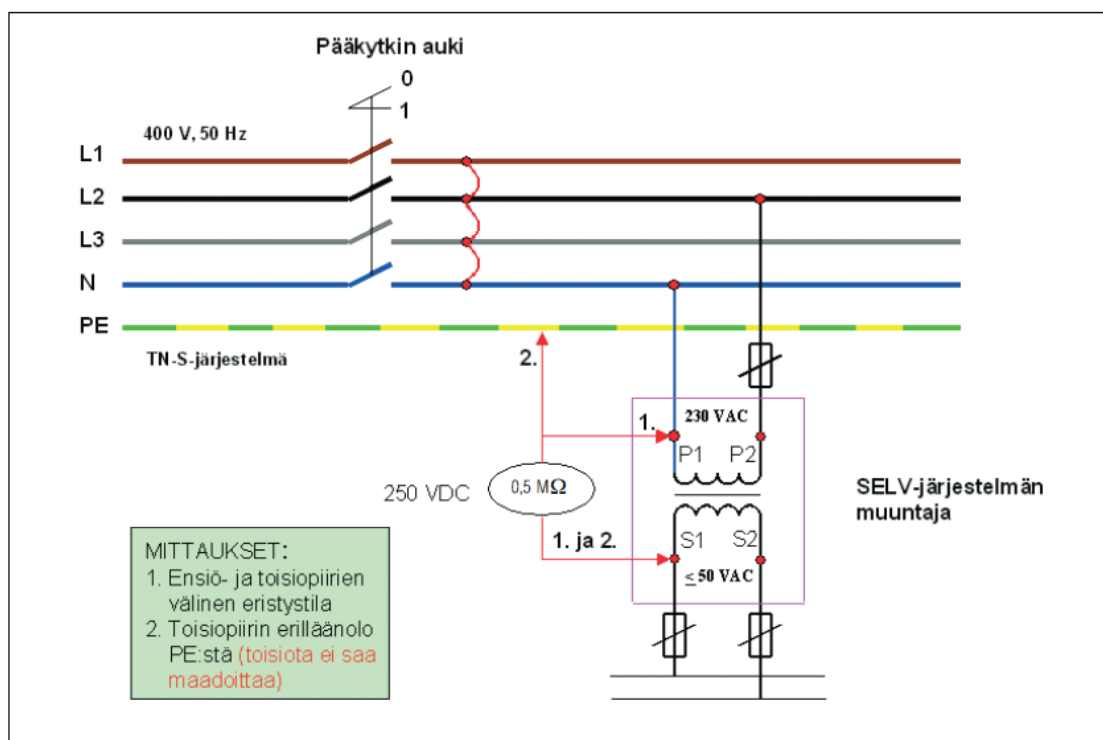


KUVIO 3. Eristysvastusmittaus TN-C-järjestelmä (Tiainen 2012, 340.)

Standardissa eristysresistanssin mittaus on mainittu tehtäväksi suojajohtimen jatkuvuusmittauksen jälkeen, mutta varsinkin pienemmissä kokonaisuuksissa on järkevää tehdä eristysvastusmittaus ensimmäisenä mittauksena. Standardissa kuitenkin sallitaan mittausten suorittaminen tässä järjestyksessä, kun mittaukset suoritetaan yhdellä kertaa. Perussyynä on standardin vaatimus mittausten uusimisesta, mikäli mittausten edetessä havaitaan virheitä, jotka saattavat vaikuttaa aiempaan mittaukseen. Kokemuksen mukaan useimmat asennusvirheet ja keskeneräiset asennukset tulevat esiin juuri eristysresistanssimittauksissa, mikä puoltaa eristysresistanssin mittausta ensimmäisenä. Tehtäessä ensimmäisenä mittauksena eristysresistanssin mittaus tulee varmistua nolla- ja PE-johtimien eroituksesta. (Korpiää ym. 2001, 72.)

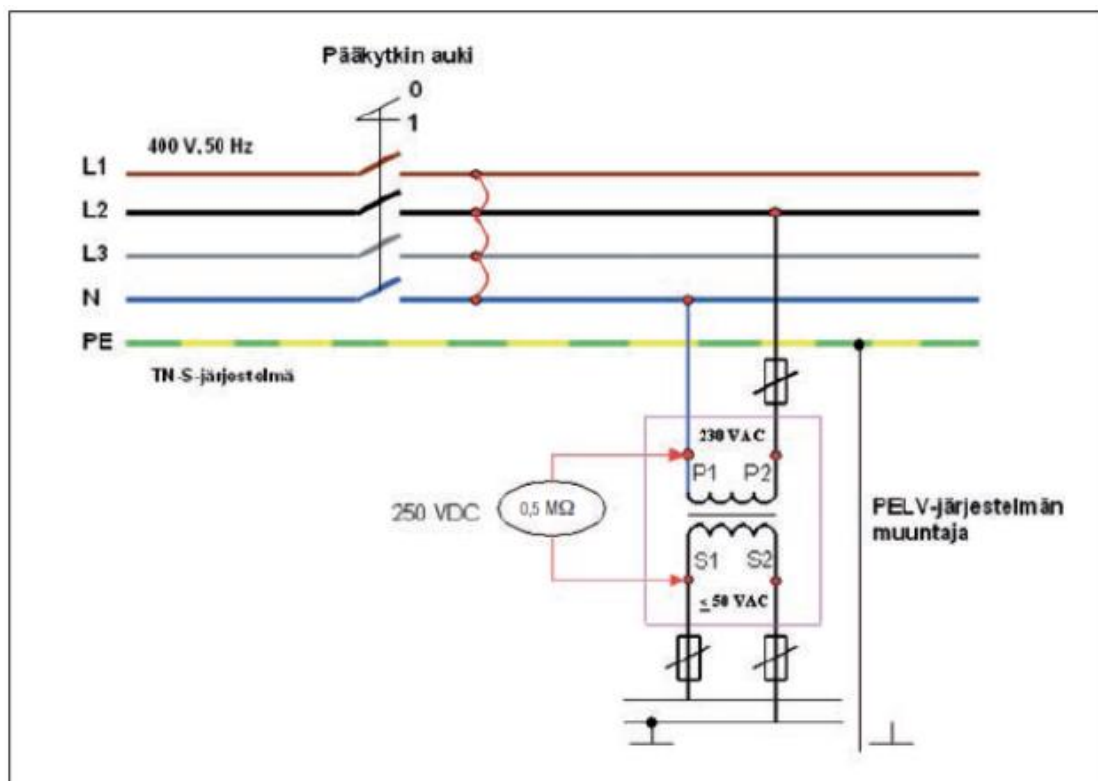
4.2.3 SELV- ja PELV-piirien ja sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssin mittaus

Suojausmenetelmänä SELV-järjestelmässä käytetään pienoisjännitettä $U \leq 50 \text{ VAC}$ tai $U \leq 120 \text{ VDC}$. Mikäli pienoisjännitteen tuottamiseen käytetään normaalia sähköverkkoa, tulee muuntajan täyttää suojaerotusmuuntajalta vaaditut ominaisuudet. Käyttöönottomittauksessa varmistutaan ensiö- ja toisiopuolen sekä toisiopuolen ja suojamaadoituksen välisestä riittävästä eristystasosta. Vaaditut mittausjännitteet ja eristysresistanssiarvot on esitetty taulukossa 1. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 26.)



KUVIO 4. Eristysresistanssin mittaus SELV-järjestelmässä (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 26.)

PELV-järjestelmässä käytetään samaa suojausmenetelmää kuin SELV-järjestelmässäkin. Järjestelmässä voidaan yhdistää suojamaadoitukseen toinen toisiopuolen navoista ja jännitteelle alttiit koskettavat osat. Käyttöönottomittauksessa varmistutaan ensio- ja toisiopuolen välisestä riittävästä eristystasosta kuten SELV-järjestelmässäkin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 26.)



KUVIO 5. Eristysresistanssin mittaus PELV-järjestelmässä (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 27.)

4.2.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testaus

Vikasuojausta koskevat vaatimukset täyttyvät, kun

- a) vian aiheuttama vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois vaatimusten edellyttämässä ajassa
- b) vian aiheuttama kosketusjännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon.

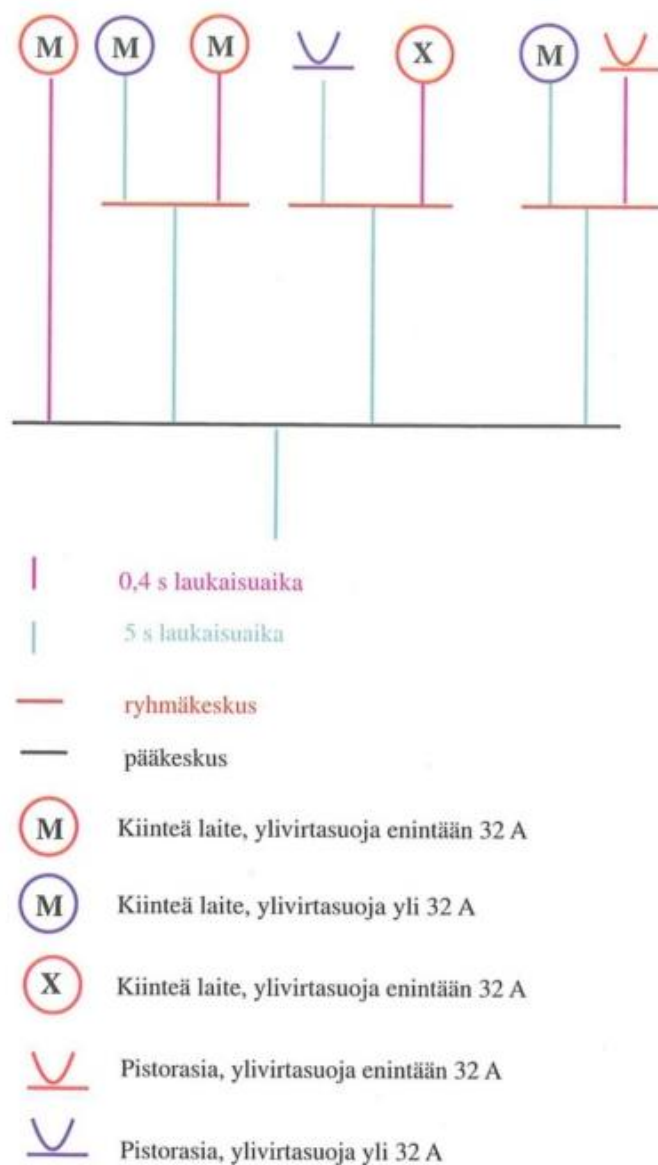
Vikasuojauksen toimivuuden varmistaminen edellyttää syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastamista. Yleisimmin tämä tapahtuu mittaamalla pienin oikosulkuvirta vaiheen ja suojajohtimen välisessä viassa. Suojauksen toimivuus voidaan tarkastaa myös suunnitteludokumenteissa olevista suojauskalkelmista ja todeta asennuksen toteutuksen vastaavan suunnitelmaa. Kuitenkin on syytä tehdä kontrollimittauksia suojauskalkelmien oikeellisuuden toteamiseksi. Mikäli vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla, ei vaadita virtapiirin silmukkaimpedanssin tai oikosulkuvirran selvittämistä. Mikäli laskelmia ei ole käytettävissä, joudutaan vikavirtapiirin impedanssi mittaamaan. (Tiainen 2012, 344.)

Lähtökohtana voidaan pitää, että mittaukset suoritetaan jokaisesta keskuksista ja muutamasta ryhmästä kunkin keskuksen epäedullisimmiksi arvoiduista pisteistä. Epäedullisimmat pisteet löytyvät pisimpien ryhmäjohtojen ja pienimpien johdinpoikkipinta-alojen päistä. Mittaustuloksista voidaan päätellä, tarvitaanko lisää mittauksia vai voidaanko jo tehtyjen mittauksien perusteella päätellä nopean poiskytkennän toteutuvan koko asennuksessa. Keskuksissa tehtyjä mittauksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa suunniteltaessa suojauksia laajennuksiin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 31.)

Vikavirtapiirin impedanssin on oltava TN-järjestelmässä sellainen, että syötön poiskytkentä tapahtuu standardin edellyttämässä ajassa. Vikatilanteessa lämpötilan nousu aiheuttaa johtimissa johdinresistanssin kasvamisen, mikä taas pienentää todellista vikavirtaa. Käytännössä tämä on otettu huomioon siten, että mitattu oikosulkuvirta tulee olla 1,25-kertainen verrattuna suojalaitteen vaatimaan toimintarajavirtaan. Mittalaitteet mittaavat vikavirtapiirin impedanssin ja laskevat jännitteen arvoa hyväksi käyttäen automaattisesti piirin oikosulkuvirran. Monipuolisimmat asennustesterit ilmoittavat niin silmukkaimpedanssi- kuin oikosulkuvirta-arvonkin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 32.)

Saatua virta-arvoa verrataan suojalaitteiden taulukkoarvoihin, joilla suojalaitteet toimivat vaadituissa ajoissa. Suojalaitteiden toimita-aika-arvoja on normaalissa kiinteistön pienjänniteverkossa kaksi, 0,4 s ja 5 s. Käytettäessä suojalaitteena johdonsuojakatkaisijaa on vaadittu oikosulkuvirta-arvo sama molemmilla toiminta-ajoilla. Kahva- ja tulppasulakkeilla taas lyhyempi toiminta-aika vaatii pidempää toiminta-aikaa huomattavasti suuremman vikavirran. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 32.)

Sähköverkon suojauksen toiminta-ajat on esitetty kuvassa 3 ja nopean poiskytkennän toteuttavat toimintavirrät eri suojalaitteilla on esitetty taulukoissa 2 ja 3.



KUVA 3. Vaaditut poiskytkentäajat (Tiainen 2012, 92.)

TAULUKKO 2. Pienimmät gG-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 33.)

Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

TAULUKKO 3. Pienimmät johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 33.)

Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

4.2.6 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Vikavirtasuojakytkimen toiminta on ensin varmistettava sen omalla testipainikkeella. Lisäksi testataan vikavirtasuojakytkimen todellinen toimintavirta ja varmistetaan, ettei se ole suurempi kuin laitteen nimellistoimintavirta. Mittaus voidaan suorittaa useilla eri tavoilla, suositeltavin tapa on mitata vikavirtasuojan toimintavirta nousevalla vikavirralla eli ns. ramppitestillä. Testaus voidaan suorittaa myös vikavirtasuojan nimellisellä toimintavirralla. Testaus tehdään yleensä sinimuotoisella vaihtovirralla, tällöin vikavirtasuojan nimellinen toimintavirta ei saa ylittyä. Käytettäessä testaukseen pulssi- maista tasavirtaa (A-typin vikavirtasuoja), tulee saadun toimintavirran yleensä olla korkeintaan 1,4-kertainen nimellistoimintavirtaan nähden. (Tiainen 2012, 345.)

Vikavirtasuojan poiskytkentäaika suositellaan mitattavaksi kaikissa tapauksissa. Kuitenkin se on tehtävä aina kun käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia, olemassa olevien asennusten muutos- ja laajennustöissä käytetään jo olemassa olevia vikavirtasuojia poiskytkentälaitteina ja kun vikavirtasuojaa käytetään vika- ja lisäsuojakseen. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 34.)

Ramppitestillä voidaan myös varmistua, ettei vikavirtasuojakytkin ole liian herkkätoiminen. Laitestandardin mukaisesti vikavirtasuojakytkimen toimintavirran tulee olla 0,5-1 -kertainen nimellisvirtaansa nähden (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 34).

4.2.7 Napaisuus

Tarkastuksessa varmistetaan yksinapaisten kytkinlaitteiden asennuksesta vaihejohtimiin. Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Käytännössä asian varmistaminen on tehtävä jo asennusvaiheessa ja on näin ollen asentajan tai häntä valvovan henkilön tehtävä. Valvovan henkilön tehtävä, kun asennuksen suorittaa esim. työharjoittelija. Standardissa määritellään napaisuus tarkastettavaksi testauksien yhteydessä. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 34.)

4.2.8 Kiertosuunnan tarkastus

Monivaiheisissa piireissä on tarkistettava kiertosuunnan säilyminen. Tarkastus on tehtävä niin ryhmäjohto- kuin nousujohtotasolla. Kolmivaiheisten pistorasioiden tarkastus voidaan suorittaa tarkastusta varten tehdyllä normaalin pistotulpan näköisellä testilaitteella tai erilaisten adapterien avulla. Keskuksista ja muista vastaavista laitteista kiertosuunnan tarkastaminen on helpointa suorittaa kaksinapaisella jännitteenkoettimella, joka näyttää samanaikaisesti jännitteen sekä kiertosuunnan. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 34.)

4.2.9 Toiminnalliset kokeet

Asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus-, ja lukituslaitteille on tehtävä toimintatesti, jolla todetaan laitteiden olevan asennettu ja säädetty oikein niille asetettujen vaatimusten mukaisesti. Toiminnallisten kokeiden suorittaminen edellyttää, että asennukset ovat valmiit ja ohjaukset toteutettu lopullisia laitteita käyttäen. Suurissa kohteissa toiminnallisille kokeille on osattava varata riittä-

västi aikaa. Toimimattomuudet rakennuksen käyttöönottovaiheessa herättävät helposti epäilyksiä urakoitsijan ammattitaidosta ja toimivat varsin negatiivisena mainoksena. Vikojen ja puutteiden korjaaminen jo käyttöönotetussa kohteessa aiheuttaa yleensä selvästi suurempia kustannuksia kuin aiemassa vaiheessa toteutetut korjaukset ja muutokset. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 35.)

Toiminnallisten kokeiden laajuuden määrä sähkölaitteiston monimutkaisuus. Jotta kokeilla saavutetaisiin riittävä kattavuus, tulee tehtävät testaukset suunnitella etukäteen. Lukituslaitteiden, releiden, suojalaitteiden yms. testaukset tulee suorittaa siten, että koko toimintakokonaisuus tulee tarkastetuksi. (Tiainen 2012, 346.)

4.2.10 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä ei pitäisi olla suurempi kuin taulukon 4 arvot verrattuna asennuksen nimellisjännitteeseen. Suurempi jännitteenalenema voi olla hyväksyttävä moottoreilla käynnistyksen aikana ja muilla laitteilla, joilla on suuri käynnistysvirta. Kummassakin tapauksessa edellytetään, että jännitteen vaihtelut säilyvät arvoissa, jotka on määrätty asianomaisissa laitestandardeissa. (SFS 6000-5-52, 262.)

TAULUKKO 4. (G52.1) Jännitteenalenema (SFS 6000-5-52, 262.)

Asennuksen tyyppi	Valaistus %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä ^{a)}	6	8
<p>a) Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja. Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %. Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.</p>		

4.2.11 Muut mittaukset

Lämmityskaapeleille ja -kelmuille on tehtävä mittauksia myös asennuksen aikana. Vaaditut mittaukset ovat kelmun ja kaapelin silmukkaresistanssimittaus sekä eristysvastusmittaukset ennen asennusta, asennuksen jälkeen ennen peittämistä ja mahdollisimman pian peittämisen jälkeen. Lämmityskaapeleiden ja -kelmujen valmistajat edellyttävät takuuehtoina oikein tehtyjä mittauksia ja mittaus tulosten dokumentointia asennustodistukseen. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 28.)

Silmukkaresistanssimittaus tehdään vaihe- ja nollajohtimen väliltä. Eristysresistanssi mitataan sekä vaihe- ja suojajohtimen että nolla- ja suojajohtimen väliltä. Eristysresistanssin mittausta suositellaan tehtäväksi lämmityskaapeleilla myös suojapalmikon ja johtavan kiinnitysalustan väliltä. Mittauspöytäkirjaan merkitään saadut mittaustulokset ja arvokilpeen merkityt jännite-, resistanssi-, ja tehoarvot. Ennen lämmityskaapelin tai -kelmun peittämistä on syytä varmistaa mittaustulosten vastaavuus arvokilpiarvoihin ja vasta tämän jälkeen voi antaa luvan peittämiseen. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 29.)

Kuvassa 4 on esitetty erään valmistajan lattialämmityskaapelin asennustodistus.

KUVA 4. Lattialämmityskaapelin asennustodistus (Ensto 2013.)

**ASENNUSTODISTUS / INSTALLATIONS PROTOKOLL / INSTALLATION PROTOCOL /
 INSTALLATION PROTOKOLL / PAIGALDUSPROTOKOLL / INSTALIAVIMO PROTOKOLAS /
 UZSTĀDĪŠANAS PROTOKOLS / PROTOKÓŁ INSTALACYJNY / INSTALACIJA PROTOKOL /
 ПРОТОКОЛ МОНТАЖУ / ПРОТОКОЛ МОНТАЖА**

Mittaustaulukko / Mätningstabell / Measurement table / Meßtable / Mõõtmistulemuste tabel /
 Matavimų lentelė / Mērījumu tabula / Tabela pomiarowa / Mjerna tablica / Таблица вимірів /
 Таблица измерений

Rj nom +10 ...- 5 % , (P < 200 W => Rj nom ± 10 %) , Re ≥ 1,0 MΩ

Asennuskohde Installationsplats Installation site Installationsort Paigalduskoht Instaliavimo vieta Uzstādišanas vieta Miejsce instalacji Mjesto za montažu Площа встановлення Площадь укладки	TASSU TASSU S	Rj nim	Ennen valua		Valun jälkeen	
Rj nom		Före gjutningen		Efter gjutningen		
Rj nom			Before casting		After casting	
Rj nom			Vor dem Gießen		Nach dem Gießen	
Rj nimi			Enne valu		Valu järgselt	
Rj nominali			Iki uzliejimo		Po uzliejimo	
Rj nom			Pirms Iejuma		Pēc Iejuma	
Rj nominalna			Przed zalaniem		Po zalaniu	
Rj nom			Prije izljevanja		Nakon izljevanja	
Rj nom			До заливки		Після заливки	
Rj номин			До заливки		После заливки	
		(Ω)	Rj (Ω)	Re (MΩ)	Rj (Ω)	Re (MΩ)

Mittalaite / Mätinstrument / Measuring equipment / Meßinstrument / Mõõtetehnika / Matavimo prietaisai / Mērījumu ierīce /
 Urządzenia pomiarowe / Mjerni uređaj / Вимірювальне обладнання / Измерительное оборудование

(Rj)

(Re)

Mittaus pvm / Mätningsdatum / Date of measurement /
 Messung durchgeführt / Mõõtmiskuupäev / Matavimų data /
 Mērījumu datums / Data pomiaru / Datum mjerenja /
 Дата вимірів / Дата проведения измерений

Mittauksen suorittaja / Mätningen utförd av / Measurement performed by /
 Durchgeführt von / Kelle poolt mõõdetud / Matavimus atliko /
 Mērījumus veica / Wykonawca pomiaru / Mjerenja izradio /
 Вимір виконав / Измерения выполнены

Valvoja / Övervakare / Supervisor / Kontrolliert von / Kontrollinud / Techninė priežiūra / Uzraugs / Nadzór /
 Supervizor / Проводив контроль робіт / Выполнение работ контролировал

Päiväys ja allekirjoitus / Datum och underskrift / Date and signature / Datum und Unterschrift / Kuupäev ja allkiri / Data ir parašas /
 Datums un paraksts / Data i podpis / Datum i potpis / Дата та підпис / Дата и подпись

5 DOKUMENTOINTI

Jokaisesta uudesta asennuksesta tai olemassa olevan asennuksen laajennuksesta tai muutoksesta on tehtävä käyttöönottotarkastuspöytäkirja asennuksen valmistuttua. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja ei edellytetä Kauppa- ja teollisuusministerin päätöksessä (KTMp 517/1996) mainituista kohteista, ellei sähkölaitteiston haltija sitä erikseen pyydä. Tällaisissakin kohteissa on sähköasennuksen rakentajan järkevää tehdä käyttöönottotarkastuspöytäkirja tekemänsä työn edellyttämässä laajuudessa ja tarkasti rajattuna tehtyyn työhön. Näin toimiessa on myöhemmin mahdollista selvittää, mitkä asennukset kyseinen sähköurakoitsija on tehnyt. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 37.)

Tarkastuksessa havaittujen vikojen ja puutteiden korjaus on tehtävä ennen kuin asennuksen tekijä voi ilmoittaa kohteen täyttävän standardin SFS 6000 vaatimukset. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa ei voi olla mainintaa vioista tai puutteista, jotka johtuvat sähkölaitteiston rakentajasta. Merkinnät pöytäkirjassa sähkölaitteiston rakentajasta johtuvista puutteista johtavat helposti urakkakohteen viivästymiseen ja siten pahimmassa tapauksessa jälkiseurauksiin eli viivästyssakkoihin. Sähkölaitteiston valmistuminen määräajassa edellyttää entistä tarkempaa huomiota kaikilta osin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 37.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan tulee sisältää:

1. tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
2. tiedot urakoitsijasta ja sähkötöiden johtajasta
3. tulokset tarkistuksista
4. toteamus asennuksen standardin ja säädösten mukaisuudesta
5. tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset seuraavassa laajuudessa
 - a. eristystilan mittaustulokset: kiinteät asennukset, kytkinlaitteen takaiset asennukset, lämmityskaapeli- ja -kelmuasennukset, SELV- ja PELV-järjestelmien asennukset, suojaerotetut asennukset, sähköisen erotuksen asennukset
 - b. jatkuvuusmittaukset keskusalueittain (yksittäisten mittaustulosten kirjaamista ei edellytetä, riittää toteamus vaatimusten mukaisuudesta)
 - c. syötön automaattisen poiskytkennän toteamiseen tarvittavat mittaustulokset keskusalueittain epäedullisimmissa pisteissä
 - d. vikavirtasuojien toiminnan testaus, tarvittaessa toiminta-ajat
 - e. kiertosuunnat keskuskohtaisesti
 - f. laitevalmistajien asennusohjeiden mukaiset mittaustulokset niille laitteille, joille valmistaja edellyttää asennusohjeessaan mittauksia. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 38.)

Lisäksi käyttöönottotarkastuspöytäkirjan pitäisi sisältää tieto huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta ja seuraavan määräaikaistarkastuksen ajankohdasta. Pöytäkirjasta tulee käydä esille myös ratkaisut, joilla EMC-direktiivin vaatimukset täytetään. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 38.)

Tarkastuksen tekijä vahvistaa pöytäkirjan allekirjoituksellaan. Asennuksen turvallisuudesta, rakentamisesta ja tarkastamisesta vastaavan henkilön on annettava työn tilaajalle pöytäkirja, joka kattaa tehdyt asennukset. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 38.)

Erilaajuiset kohteet edellyttävät erilaisia tarkastuspöytäkirjoja. Muotovaatimuksia ei tarkastuspöytäkirjalle ole asetettu, kunhan vaaditut asiat löytyvät. Muutos- ja laajennustöiden käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan on selkeästi rajattava, mille osalle laitteistoa tarkastus on tehty. (Tiainen 2012, 347.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä:

- vain vähäistä vaaraa tai häiriötä aiheuttavista sähköalan töistä (maallikoille sallitut työt)
- korkeintaan 50 V AC tai 120 V DC sähkölaitteistojen asennuksista
- yksittäisten komponenttien vaihdoista ja lisäyksistä
- yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutos- ja täydennusasennuksista enintään 1000 V jännitteellä
- nimellisjännitteeltään enintään 1000 V kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutos- ja täydennystöistä, kun kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta
- tilapäislaitteistosta, jotka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista. (Tiainen 2012, 348.)

6 MITTALAITTEET

Mittaukset tulee tehdä standardin EN 61557 mukaisilla mittalaitteilla. Standardissa määritellään muun muassa mittauksissa käytettävät virrat ja jännitteet. Standardissa EN 61557 ei esitetä vaatimuksia mittalaitteiden kalibroinnille määrääjoin, vaatimusta ei esitä myöskään standardissa SFS 6000. Työn tilaaja kuitenkin saattaa edellyttää, että tehtävät käyttöönottotarkastukset tulee suorittaa kalibroituilla mittalaitteilla. Tällöin mittaukset tulee tehdä mittalaitteilla, joissa kalibroinnit ovat voimassa. (Tiainen 2012, 337.)

Urakoitsijalla tulee olla käytettävissään sellaiset laitteet, joilla vaaditut testit voidaan suorittaa. Ennen urakointitoiminnan aloittamista urakoitsija ilmoittaa toimintailmoituksessaan Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle (Tukes) käytettävissä olevat mittalaitteet.

Tarvittavia mittalaitteita ovat:

- yleismittari
- eristysresistanssimittari
- pihtiampeerimittari
- vaihejärjestyksen ilmaisim
- suojajohdinsiirrin jatkuvuuden toteamiseen soveltuva laite
- jännitteenkoetin
- oikosulkuvirran määrittämiseen soveltuva laite. (Tiainen 2012, 348.)



KUVA 5. Asennustesteri Amprobe Telaris Proinstall 100 (Salmi 2014.)

7 MUUT TARKASTUKSET

Sähköturvallisuuden varmistamiseksi on käyttöönottotarkastuksen lisäksi tehtävä varmennustarkastus, kun kyseessä on luokan 1-3 sähkölaitteisto. Myös näiden laitteistojen muutostöille tulee tehdä varmennustarkastus, ellei kyseessä ole ns. pienimuotoinen sähköalan työ, josta ei edellytetä käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa. Asennuksille on teetettävä varmennustarkastus, jos työn suorittajalla ei ole sähköpäteyyksiin 1-3 oikeuttavaa pätevyystodistusta eli työn tekee sähköalan ammattilainen itselle tai lähiomaiselle. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 44.)

Poikkeuksena luokissa 1 ja 2 sekä luokan 3 alakohdassa b ja c tarkoitetulle sähkölaitteiston muutostöille, lukuun ottamatta leikkaussaleissa olevia sähkölaitteistoja, ei edellytetä varmennustarkastusta, kun

1. sähkölaitteiston nimellisjännite muutostyökohteessa on enintään 1000 V sekä työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta enintään 35 A, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 A
2. muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä nimellisarvoja muuteta. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 44.)

Sähkölaitteiston rakentajan tulee käyttöönottotarkastuksen lisäksi huolehtia varmennustarkastuksesta ja ilmoituksen tekemisestä sähköturvallisuusviranomaiselle tai jakeluverkonhaltijalle. Mikäli laitteiston rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, on sähkölaitteiston haltija velvollinen huolehtimaan tarkastuksista ja ilmoituksista. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 44.)

7.1 Sähkölaitteistoluokat

Sähkölaitteistot on jaettu niiden laajuuden ja erityisominaisuuksien perusteella luokkiin, joiden perusteella määräytyvät tehtävät tarkastukset, tarkastuksen suoritus aika ja suorittaja. (Tukes 2011.)

Luokittelematon sähkölaitteisto:

sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa enintään kaksi asuinhuoneistoa riippumatta suojaavan ylivirtasuojan koosta. Muu sähkölaitteisto luokkien 1d, 2b, 3a ja 3b erityistiloja lukuun ottamatta, kun ylivirtasuojan nimellisvirta on korkeintaan 35 A.

Luokka 1a:

Sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa. Määräytyy rakennuksen pääkäyttötarkoituksen mukaan. Asuinrakennuksessa voi olla luokkien 1d, 2b ja 3b erityistilojen sähkölaitteistoja.

Luokka 1b:

Sähkölaitteisto, jota suojaavan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 A, pois lukien asuinrakennukset. Esimerkkinä teollisuus-, liike- ja majoitusrakennusten kiinteistöt. Laitteistoa ei ole rajattu rakennuksiin, vaan se käsittää haltijan koko liittymän.

Luokka 1d:

Sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallinen kemikaali edellyttää ilmoitusta pelastusviranomaiselle.

Luokka 2b:

Lääkintätilojen sähkölaitteistot niissä sairaaloissa, terveyskeskuksissa ja lääkäriasemilla, joiden leikkauksaleissa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä.

Luokka 2c:

Yli 1000 V osia sisältävä sähkölaitteisto.

Luokka 2d:

Liittymisteholtaan yli 1600 kVA enintään 1000 V sähkölaitteisto. 230/400 V verkossa vastaa virtaa 2300 A. Mukaan lasketaan myös liittymän oma sähköntuotantoteho, mikäli sen käyttö on huomioitu liittymistehoa määritettäessä.

Luokka 3a:

Sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallinen kemikaali edellyttää Tukesin kemikaalilupaa.

Luokka 3b:

Lääkintätilojen sähkölaitteistot niissä sairaaloissa, terveyskeskuksissa ja lääkäriasemilla, joiden leikkauksaleissa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä toimenpiteitä.

Luokka 3c:

Sähköjakeluverkko, joka edellyttää sähköverkkolupaa. (Tukes 2011.)

7.2 Varmennustarkastukset

Varmennustarkastus on tehtävä kaikille uusille luokan 1-3 sähkölaitteistoille. Varmennustarkastuksia saavat suorittaa valtuutetut tarkastajat ja valtuutetut laitokset, pois lukien laitteistoluokassa 3a ainoastaan valtuutetut laitokset. Varmennustarkastus voidaan luokan 3a sähkölaitteistoa lukuun ottamatta korvata laitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen sähköurakoitsijan varmennuksella, joka tähän on oikeutettu. Tarkastettava laitteisto tai sen osa on määritettävä selvästi ja yksiselitteisesti. Mikäli sähkölaitteiston rakentamisesta vastaa useampi sähköurakoitsija, on suositeltavaa tarkastaa koko laitteistokokonaisuus yhtenä kokonaisuutena. Tarkastusdokumentteihin merkitään, mitä

ohjeita, säädöksiä ja määräyksiä on käytetty tarkastusalueen sähkölaitteistossa ja sen tarkastuksissa vaatimusten mukaisuuden arviointiin. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 48.)

Varmennustarkastus on puolueettoman tarkastajan tekemä ns. kolmannen osapuolen tarkastus rakennettuun sähkölaitteistoon. Varmennustarkastuksessa varmistetaan riittävässä laajuudessa pistokokein ja muilla soveltuvilla tavoilla, että sähkölaitteisto on sähköturvallisuuden kannalta riittävällä tasolla ja sähkölaitteistolle on suoritettu asianmukainen käyttöönototarkastus. Varmennustarkastus tulee tehdä, ennenkö laitteisto otetaan varsinaiseen käyttötarkoitukseen. Poikkeuksena luokan 1 ja 2 sähkölaitteistot, joille varmennustarkastus voidaan tehdä kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta ja verkonhaltijan kuluvan kalenterivuoden aikana rakennetut sähköverkot seuraavan kalenterivuoden kuluessa. Suositeltava kuitenkin on tehdä varmennustarkastus ennen varsinaista käyttöönottoa. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 48.)

7.3 Määräaikaistarkastukset

Määräaikaistarkastuksen samoin kuin varmennustarkastuksenkin saa tehdä valtuutettu tarkastaja tai valtuutettu laitos, kuitenkin laitteistoluokassa 3a ainoastaan valtuutettu laitos. Lainsäädännöllisesti sähkölaitteiston sähköturvallisuuden ylläpitäminen kuuluu haltijan velvollisuuksiin ja vastuuseen. Käytännössä velvoite jää kiinteistön omistajalle, ellei omistaja osoita vastuussa olevaa muuta haltijaa. Määräaikaistarkastuksen ensisijainen rooli on selvittää ja valvoa, että laitteiston haltija huolehtii sähkölaitteiston käytön sähköturvallisuudesta noudattamalla laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeita tai ennalta laadittua huolto- ja kunnossapito-ohjelmaa, mikäli sellainen edellytetään. Määräaikaistarkastus ei korvaa haltijan velvollisuutta huolehtia sähkölaitteistonsa sähköturvallisuudesta. (Saarelainen ja Saastamoinen 2012, 55.)

Määräaikaistarkastuksessa tulee riittävän laajasti pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua, että

- sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteisto on huollettu huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaisesti
- sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset ja ohjeet ovat käytettävissä
- sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on tehty asianmukaiset dokumentoinnit (KTMp 517/1996 13 §.)

Sähkölaitteistojen määräaikaistarkastukset tehdään seuraavin määräajoin:

Luokka 1	15 vuotta
Luokka 2	10 vuotta
Luokka 3	5 vuotta.

Asuinrakennuksille ei vaadita määräaikaistarkastuksia. Asuinrakennuksen muille kun asumista palveleville tiloille esim. liiketiloille, on tehtävä määräaikaistarkastus 15 v välein, mikäli tilojen suojalaittee-

na olevan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 A. Luokkiin 2b ja 3b kuuluvalla sähkölaitteistolle on myös asuinrakennuksessa tehtävä määräaikaistarkastus. (Tukes 2011.)

7.4 Kunnossapitotarkastukset

Kunnossapitotarkastus on osa sähkölaitteiston huoltoa ja kunnossapitoa. Tarkastuksen avulla laitteiston haltija voi havaita turvallisuutta heikentävät puutteet sähkölaitteistossa. Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteiston kunnosta, turvallisuudesta, ylläpidosta ja mahdollisesti havaittujen vikojen ja puutteiden mahdollisimman pikaisesta korjaamisesta. (Tiainen 2012, 353.)

Kunnossapitotarkastukselle ei ole lakisääteisiä velvoitteita, joten tarkastusta ei tule sekoittaa tietyille sähkölaitteistoille kohdistettuihin määräaikaistarkastuksiin. Kunnossapitotarkastus on vapaaehtoinen ja voi olla perusteltua suorittaa esim. sähkölaitteiston iän taikka ilmenneen ongelman takia. Kunnossapitotarkastuksen tekijän tulee olla riittävän ammattitaitoinen sähköalan ammattihenkilö, joka pystyy arvioimaan sähköturvallisuuteen vaikuttavia puutteita eri ikäisissä laitteistoissa. Tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, jonka avulla laitteiston haltija voi korjauttaa havaitut puutteet. Erikoistilojen kunnossapitotarkastuksista on omat vaatimuksensa. (Tiainen 2012, 353.)

8 MITTAUKSET KOHTEESSA

8.1 Kohde-esittely

Mittauskohde oli palvelutalo ASPA Metsätähti, joka sijaitsee Keski-Suomessa Äänekoskella. Kohde on suunniteltu palvelemaan kehitysvammaisia asukkaita. Kohteen rakennuttamisesta vastasi asumispalvelusätiö Aspa. Rakennuksen kokonaispinta-ala n. 800 m², ja se käsittää 16 yksittäistä asuinhuoneistoa, jakelukeittiön, toimisto- ja aputiloja sekä yhteiset oleskelu- ja saunatilat. Jokaiseen asuntoon kuuluu oma sisäänkäynti, minikeittiö ja WC-suihkutila. Lisäksi pihapiirissä ovat jätekatos ja erillinen varastorakennus.

Mittaukset ja tarkastukset kohteessa tehtiin helmikuun 2014 aikana. Asennukset olivat valmistuneet aikataulun mukaisesti ja mittauksia päästiin tekemään suunnitellusti. Rakennuksen luovutus oli aikataulun mukaisesti helmikuun loppuun mennessä.

Rakennuksessa on pääkeskuksen lisäksi kolme jakokeskusta, joista kaksi on asuntojen sähköistykseen ja kolmas talotekniikan laitteistojen syöttämiseen.



KUVA 6. Mittauskohde ASPA Metsätähti (Salmi 2014.)

8.2 Mittaukset

Pääkeskuksen ja IV-konehuoneen jakokeskuksen osalta mittaukset oli osin tehty, johtuen rakennusaikaisesta sähköistyksestä ja lämmityksestä. Kun rakennusta syöttävä pääkeskus oli saatu asennettua, oli työmaakeskus siirretty sen perään ja sähköt kytketty. Rakennusaikaiseen sähköistykseen oli pääkeskuksesta otettu 63 A:n kahvavarokelähtö työmaakeskuksen syötölle.

Aistinvaraista tarkastusta suoritettiin siinä laajuudessa, kuin oli mahdollista. Mittaukset tehtiin standardin suositusten mukaisessa järjestyksessä. Mittaukset aloitettiin suojajohtimien jatkuvuuden mittaamisella ja mittauksissa edettiin maadoituskaavion mukaisesti. Ensin tarkistettiin poikkipinta-alaltaan suurimmat suojajohdinyhteydet, minkä jälkeen siirryttiin keskuskohtaisiin jatkuvuusmittauksiin.

Seuraavaksi mitattiin eristysvastukset, ensin jakokeskusten nousujohtojen osalta, minkä jälkeen siirryttiin keskuskohtaisiin mittauksiin. Pääkeskuksessa eristysvastusmittaukset jakokeskusten nousujohtojen osalta jouduttiin tekemään ryhmäkohtaisesti. Jakokeskuksissa koko keskusalueen eristysvastus saatiin mitattua kerralla. Jakokeskuksien nousujohtojen nollajohdin irroitettiin jakokeskuksilla suojajohtimen jatkuvuus- ja eristysvastusmittausten ajaksi.

Kun suojajohtimen jatkuvuus- ja eristysvastusmittaukset oli saatu tehtyä, voitiin jakokeskuksiin kytkeä sähköt ja aloittaa oikosulkuvirtojen mittaukset sekä vikavirtasuojauksen testaus. Oikosulkuvirrat mitattiin jokaisen ryhmän kauimmaisesta pisteestä. Mitattaessa oikosulkuvirtoja pistorasioista varmistettiin pistorasian kytkentä vielä schuko-testerillä. Ensimmäisenä vikavirtasuojakytkimien toiminta testattiin suojien omilla Test-painikkeilla. Vikavirtasuojien todellinen laukaisuvirta mitattiin nousevalla vikavirralla ja laukaisuaika nimellisellä 30 mA:n vikavirralla. Kaikista vikavirtasuojakytkimen perässä olevista ryhmistä mitattiin laukaisuvirta ja -aika.

8.3 Mittalaitteet

Tarkastuksessa tehdyt mittaukset tehtiin pääosin Ambrobe Telaris Proinstall 100 –asennustesterillä. Mittalaite täyttää mittalaitestandardin vaatimukset, ja sillä pystytään tekemään kaikki standardin SFS 6000-6-61 mukaiset mittaukset. Lisäksi tarkastuksessa tarvittiin muitakin mittalaitteita ja tarvikkeita, kuten jännitteenkoetin, schuko-testeri, mitta-apujohdin ja erilaisia mittapäitä.



KUVA 7. Tarkastuksessa käytetyt mittalaitteet ja välineet (Salmi 2014.)

8.4 Mittaustulokset

Aistinvaraisen tarkastelun perusteella pystyi jo ennen varsinaisia mittauksia oletamaan, että mittaustulokset tulevat olemaan sallituissa rajoissa, koska ryhmäjohtopituudet pysyivät suhteellisen lyhyinä. Pääkeskuksen osalta huonoin suojajohtimen jatkuvuusarvo oli $1,15 \Omega$, joka löytyi ulkovalaistusryhmästä. Jakokeskuksissa huonoin suojajohtimen jatkuvuusarvo oli $0,78 \Omega$.

Huonoin eristysvastusarvo oli 30-kertainen vaadittuun $\geq 1 \text{ M}\Omega$ arvoon verrattuna. Suurin osa mittaustuloksista oli yli mittalaitteen mittausalueen ja laite näytti tulosta $\geq 199 \text{ M}\Omega$.

Jakokeskuksissa vaaditut oikosulkuvirrat täyttyivät helposti. C10-johdonsuojakatkaisija vaatii mitatun 125 A :n oikosulkuvirran ja huonoin mitattu oikosulkuvirta oli 192 A . C16-johdonsuojakatkaisija vaatii mitatun 200 A :n oikosulkuvirran ja huonoin mitattu arvo oli 288 A . Yhdessä ulkorakennuksen ulkopistorasiassa vaadittu oikosulkuvirta ei riittänyt. Kun kyseessä oli ulkopistorasia, oli se suojattu vikavirtasuojakytkimellä, ja näin ollen vikatilanteessa nopean poiskytkennän hoitaa vikavirtasuojakytkin.

Vikavirtasuojakytkimiltä vaaditut toiminta-ajat ja virrat toteutuivat kaikissa vikavirtasuojatuissa ryhmissä. Huonoimmat toiminta-arvot olivat 21 mA ja 46 ms .

9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä ohjeistus sähköasentajille käyttöönottomittausten ja -tarkastusten suorittamisesta sekä suorittaa käyttöönottotarkastukset yhdessä sähkölaitteiston rakentaneen asentajan kanssa. Ohjeeseen pyrittiin tiivistämään vain oleellinen tieto asentajan näkökulmasta tarkastusten tekemiseen. Ohjeessa käydään läpi käytettävät mittalaitteet, mittauskytkenät, menetelmät, mahdollisesti esiintyvät ongelmat ja tulosten tulkitseminen. Asennustesterin käyttö eritellään mittauskohtaisesti. Tarkastuksia on pyritty havainnollistamaan kuvien avulla.

Mielenkiintoisen työstä teki käytännön mittaukset uudisrakennuskohteessa. Itse tehdyt mittaukset toimivat hyvänä lähtökohtana mittausohjeistuksen tekemiseen. Aikaisempi kokemus käyttöönottotarkastuksista helpotti työn tekemistä. Työssä pyrittiin perehtymään käyttöönottotarkastuksiin mahdollisimman syvällisesti ja laajasti. Lisäksi perehdyttiin hieman muihin sähkölaitteistoille tehtäviin tarkastuksiin.

Mielestäni asetetut tavoitteet saavutettiin ja työn tuloksena syntyi asentajaa hyvin palveleva tarkastusohje. Työn myötä oma tietämys sähkölaitteistoille tehtävistä tarkastuksista ja mittauksista lisääntyi. Mittauskohde oli mittaaajan kannalta hyvä, koska mittauspisteisiin pääsi helposti käsiksi. Käytännön mittaukset sujuivat ongelmitta ja tarkastus saatiin tehtyä suunnitellusti.

LÄHTEET

- ASENNUSOHJE TASSU/TASSU S -LÄMMITYSKAAPELI [verkkojulkaisu]. Ensto 2013. Saatavissa: http://products.ensto.com/documents/ii/heat/Tassu_TassuS_RAK08_UM2.pdf
- KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖN PÄÄTÖS SÄHKÖALAN TÖISTÄ. 1996/516. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2014-3-19]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960516>
- KAUPPA- JA TEOLLISUUSMINISTERIÖN PÄÄTÖS SÄHKÖLAITTEISTOJEN KÄYTTÖÖNOTOSTA JA KÄYTÖSTÄ. 1996/517. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2014-3-19]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517>
- KORPIPÄÄ, Ari, LINTULA, Reijo ja TIAINEN, Esa 2001. Rakennusten sähköasennusten käyttöönotto-tarkastukset 2001. ST-käsikirja 33. Espoo: Sähkötieto ry.
- KUOLEMAAN JOHTANEEN SÄHKÖTAPATURMAT [verkkojulkaisu]. Tukes 2013. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotapaturmat/kuva-sahkotapaturmat/>
- SAARELAINEN, Kimmo ja SAASTAMOINEN, Arto 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33. Espoo: Sähkötieto ry.
- SFS-KÄSIKIRJA 600-1 SÄHKÖASENNUKSET. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. 1. painos Syyskuu 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SÄHKÖLAITTEISTOT JA KÄYTÖNJOHTAJAT [verkkojulkaisu]. Tukes 2011. [Viitattu 2014-4-12]. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/Tukes_ohjeS42011.pdf
- SÄHKÖTURVALLISUUSLAKI. 1996/410. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2014-3-19]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>
- SÄHKÖTURVALLISUUS 100 VUOTTA [verkkojulkaisu]. Tukes. [Viitattu 2014-3-12]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/sahkoturvallisuus100/>
- TIAINEN, Esa 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleura-koitsijaliitto STUL ry.

LIITE 1: MITTAUSTULOKSET PK

Mittaustulokset PK						
Ryhmä	Eristysvastus (MΩ)	PE-jatkuvuus (Ω)	I _k (A)	VVS I _{ΔN} (mA)	VVS ΔT (ms)	Johdonsuoja
F1	>199	0	>1000	-	-	gG35
F2	>199	0	>1000	-	-	gG35
F3	>199	0,01	>1000	-	-	gG35
F4	>199	0,18	354	18	26	gG25
F8	>199	0,09	1210	-	-	gG25
F9	>199	0,25	823	-	-	C25
F10	>199	0,09				C32
F11	>199	0,17	920	-	-	C16
F12	>199	0,15	657	-	-	C16
F13	>199	0,15	697	-	-	C16
F14	>199	0,14	821	-	-	C16
F18	>199	0	1640	-	-	C16
F19	>199	0,18	479	-	-	C16
F20	>199	0,04	1090	-	-	C16
F21	>199	0,02	1040	-	-	C16
F23	>199	0,1	1040	-	-	C16
F24	>199	0,09	1090	-	-	C16
F26	>199	0,18	693	21	46	C16
F27	>199	0,1	575	21	37	C16
F28	>199	0,12	523	21	37	C16
F29	>199	0,17	489	18	27	C16
F30	>199	0,32	291	21	37	C16
F31	>199	0,17	451	21	36	C16
F32	>199	0,09	479	21	28	C16
F33	>199	0,2	489	21	36	C16
F34	>199	0,12	511	21	28	C16
F35	>199	0,27	451	21	35	C16
F36	>199	0,03	639	21	27	C16
F37	>199	0,89	126	21	28	C16
F38	>199	0,11	548	21	27	C16
F39	>199	0,1	523	21	36	C16
F41	>199	0,13	676	-	-	C10
F44	>199	0,33	295	-	-	C10
F45	>199	0,32	315	-	-	C10
F46	>199	0,18	365	-	-	C10
F47	>199	0,01	397	-	-	C10
F48	>199	0,17	386	-	-	C10
F49	>199	0,24	397	-	-	C10
F50	>199	0,19	793	-	-	C10
F51	>199	0,09	1210	-	-	C10
F52	>199	0,02	1210	-	-	C10
F56	>199	0,54	291	21	36	C10
F57	>199	0,26	338	21	36	C10
F58	>199	0,35	324	21	28	C10
F59	>199	0,14	460	21	36	C10
F63	>199	1,15	93,5	-	-	B10
F64	>199	0,2	439	-	-	C10

LIITE 2: MITTAUSTULOKSET JK-11

Mittaustulokset JK-11						
Ryhmä	Eristysvastus (MΩ)	PE-jatkuvuus (Ω)	I _k (A)	VVS I _{ΔN} (mA)	VVS ΔT (ms)	Sulake
F4	42,1	0,32	394	-	-	C16
F5	47,8	0,29	371	-	-	C16
F6	42	0,31	397	-	-	C16
F7	42,1	0,35	426	-	-	C16
F8	47,8	0,21	397	-	-	C16
F9	42	0,33	354	-	-	C16
F10	42,1	0,29	315	-	-	C16
F11	47,8	0,37	291	-	-	C16
F13	42,1	0,14	377	-	-	C16
F14	47,8	0,11	657	-	-	C16
F15	42	0,16	657	-	-	C16
F16	42,1	0,21	489	-	-	C16
F17	47,8	0,23	523	-	-	C16
F22	47,8	0,22	451	21	36	C16
F23	42	0,25	418	21	36	C16
F24	42,1	0,21	404	21	36	C16
F25	47,8	0,18	411	18	36	C16
F26	42	0,25	397	21	28	C16
F27	42,1	0,18	489	21	27	C16
F28	47,8	0,23	561	21	36	C16
F29	42	0,13	589	21	36	C16
F30	42,1	0,20	548	21	36	C16
F31	47,8	0,18	442	21	28	C16
F32	42	0,23	365	21	36	C16
F33	42,1	0,26	371	21	36	C16
F34	47,8	0,21	479	24	36	C16
F35	42	0,10	605	21	26	C16
F36	42,1	0,05	676	18	36	C16
F37	47,8	0,08	793	21	27	C16
F38	42	0,29	288	21	27	C16
F39	42,1	0,21	418	21	35	C16
F40	47,8	0,19	397	21	46	C16
F45	42,1	0,17	319	-	-	C10
F46	47,8	0,35	324	-	-	C10
F47	42	0,78	414	-	-	C10
F48	42,1	0,29	315	-	-	C10
F49	47,8	0,39	192	-	-	C10
F57	42,1	0,47	242	21	36	C10
F58	47,8	0,46	228	21	36	C10
F59	42	0,45	250	21	28	C10
F60	42,1	0,42	242	21	28	C10
F61	47,8	0,36	237	21	46	C10
F62	42	0,32	277	22	28	C10
F63	42,1	0,40	329	23	27	C10
F64	47,8	0,23	398	24	36	C10
F65	42	0,14	418	25	36	C10

LIITE 3: MITTAUSTULOKSET JK-12

Mittaustulokset JK-12						
Ryhmä	Eristysvastus (MΩ)	PE-jatkuuus (Ω)	I _k (A)	VVS I _{ΔN} (mA)	VVS ΔT (ms)	Johdonsuoja
F4	31,7	0,31	338	-	-	C16
F5	33,4	0,55	359	-	-	C16
F6	32,2	0,33	383	-	-	C16
F7	31,5	0,36	418	-	-	C16
F8	32,0	0,32	411	-	-	C16
F9	32,5	0,42	348	-	-	C16
F10	35,1	0,53	329	-	-	C16
F11	34,3	0,50	299	-	-	C16
F14	34,7	0,31	676	-	-	C16
F15	33,7	0,25	418	-	-	C16
F16	30,3	0,39	338	-	-	C16
F17	30,0	0,47	697	-	-	C16
F18	32,4	0,22	451	-	-	C16
F19	32,7	0,38	548	-	-	C16
F22	31,8	0,23	434	21	36	C16
F23	47,8	0,32	377	21	28	C16
F24	33,1	0,51	354	21	36	C16
F25	32,9	0,22	575	21	36	C16
F26	31,3	0,34	390	21	27	C16
F27	32,0	0,36	434	21	36	C16
F28	32,3	0,28	511	21	36	C16
F29	34,5	0,30	622	21	26	C16
F30	34,5	0,19	535	21	37	C16
F31	34,7	0,27	451	21	28	C16
F32	32,6	0,25	354	21	28	C16
F33	32,1	0,37	354	21	27	C16
F34	32,6	0,26	377	21	36	C16
F35	32,6	0,37	523	21	36	C16
F36	36,2	0,19	622	21	27	C16
F37	34,7	0,66	1000	21	36	C16
F38	33,7	0,50	315	21	36	C16
F39	30,3	0,33	390	21	36	C16
F40	30,0	0,28	397	21	28	C16
F45	32,4	0,16	354	-	-	C10
F46	32,7	0,56	398	-	-	C10
F47	31,8	0,40	354	-	-	C10
F48	33,3	0,42	299	-	-	C10
F49	32,1	0,38	200	-	-	C10
F57	34,0	0,47	230	18	36	C10
F58	32,0	0,61	223	21	36	C10
F59	32,3	0,49	207	21	37	C10
F60	34,5	0,60	221	21	35	C10
F61	34,5	0,51	230	21	36	C10
F62	34,7	0,56	245	21	36	C10
F63	33,4	0,52	288	21	36	C10
F64	31,7	0,40	319	21	28	C10
F65	33,3	0,21	371	21	46	C10

LIITE 4 : MITTAUSTULOKSET JI-21

[illegible]